



ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО ЛАГЕРЯ КГТУ «ОТРАДНОЕ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

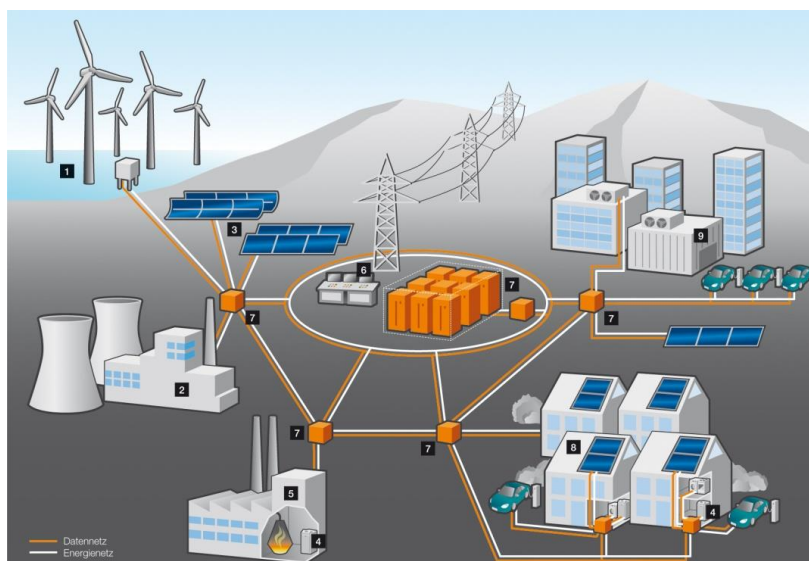
Н.В. Рябова, магистрантка,
nad145@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В статье дан анализ технических характеристик гибридной электростанции, спроектированной для спортивно-оздоровительного лагеря КГТУ «Отрадное». Проанализированы потенциал ветровой энергии и потенциал энергии солнца.

возобновляемые источники энергии, электроснабжение, экономия энергии, энергосберегающие лампы, гибридная электростанция, энергия ветра, энергия солнца, фотоэлектрические модули, интеллектуальная система управления.

В работе объектом исследования является система электроснабжение спортивно-оздоровительного лагеря КГТУ «Отрадное». На его территории отдыхают студенты и преподаватели. Кроме этого, в течение года проходят различные мероприятия, в которых принимают участие учащиеся школ Калининградской области. Поэтому представляется очень важным построить систему энергообеспечения лагеря на основе новейших энергетических технологий. Это позволит на практике познакомиться с работой инноваций в области энергетики. Для реализации данного направления первостепенное внимание в мире уделяется созданию системы для управления энергосистемой «Умная энергосистема». Она является обобщением развиваемых в настоящее время «умных сетей» (Smart Grids) и предполагает управление спросом на энергию (рис. 1). В США и ЕС развитие «умных сетей» признано ключевой задачей [1].



Источник: <http://www.abb.de/cawp/seitp202/77a7e74be1ea8904c12577050030ab14.aspx>

Рисунок 1 – Умная сеть (Smart Grid)

Таким образом, конечной целью нашего проекта является создание умного энергетического комплекса по принципам «Smart Grids».

В настоящее время лагерь полностью энергозависим. На рис. 2 показана существующая система электроснабжения.

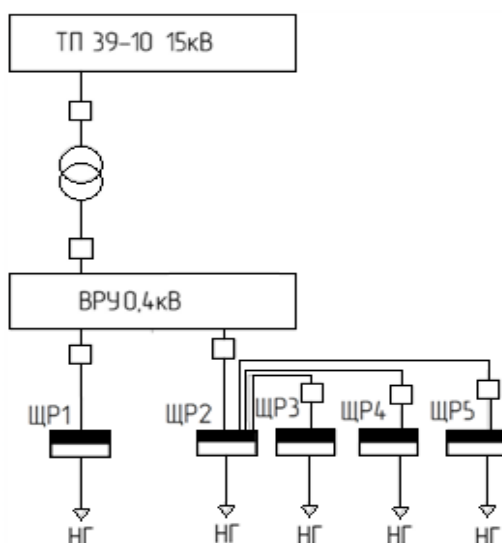


Рисунок 2 – Структурная схема электроснабжения базы отдыха КГТУ «Отрадное»

Выявлено, что максимальное энергопотребление происходит в летний период. График активной нагрузки наиболее нагруженной смены показан на рис. 3. Максимальная нагрузка в течение суток приходится на время работы столовой.

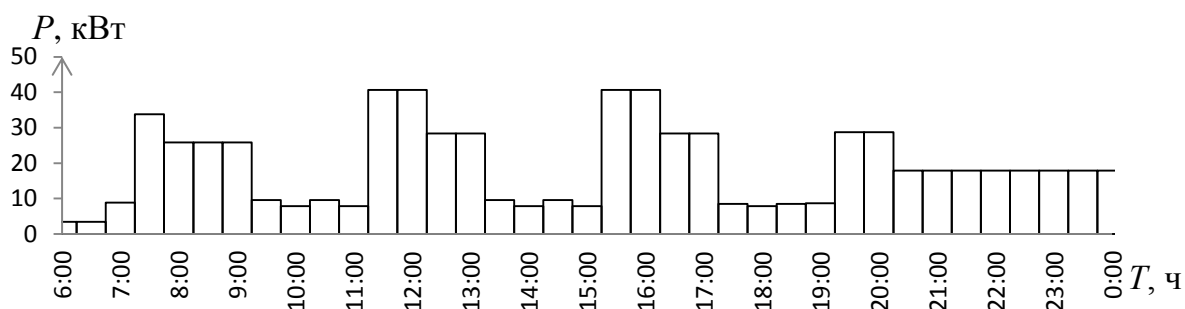


Рисунок 3 – График нагрузки активной мощности за наиболее нагруженную смену в летний месяц

Фактическое потребление энергии за 2014 год указано в табл. 1.

Таблица 1 – Фактическое потребление электроэнергии 2014 года

Месяц	Потребление электроэнергии, кВт·ч/мес.	Месяц	Потребление электроэнергии, кВт·ч/мес.
Январь	1640	Июль	4980
Февраль	1721	Август	6730
Март	1271	Сентябрь	914
Апрель	800	Октябрь	1181
Май	2328	Ноябрь	1148
Июнь	3941	Декабрь	1300

Потребляемая электрическая энергия постоянного тока базой отдыха «Отрадное» за день в летние месяцы с учетом потерь в инверторе определяется по формуле (1):

$$W = \sum P(t) \cdot t \cdot k, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (1)$$

где $\sum P(t)$ – сумма нагрузок активной мощности за усредненный период времени;

t – усредненный период времени, равный 30 мин;

k – коэффициент, учитывающий потери в инверторе.

$$W = (2,44 + 2,44 + 7,8 + 7,8 + 22 + 24 + 19 + 8,5 + 6,8 + 8,5 + 6,8 + +39,66 + +39,66 + 27,4 + 27,4 + 8,6 + 6,8 + 8,5 + 6,8 + 39,66 + 39,66 + 27,8 + 27,4 + 7,4 + +6,8 + 7,4 + 6,8 + 26,8 + 26,8 + 16 + 16 + 3,31 + 3,31) \cdot 0,5 \cdot 1,2 = 309,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

На цели освещения тратится значительная часть вырабатываемой электроэнергии. Поэтому правильный выбор источников света – один из путей энергосбережения. Чем выше световая отдача различных типов ламп, тем эффективней преобразовывается электроэнергия в свет и тем выгоднее использовать лампы [2–4]. В табл. 2 указаны характеристики различных типов ламп.

Таблица 2 – Характеристики источников освещения

Параметры источника освещения	Тип лампы		
	накаливания	люминесцентная	светодиодная
Световая отдача	25	80	300
Срок службы до, ч	1000	15 000	100 000

Поэтому замена на светодиодное освещение даст положительные результаты. Кроме этого предлагается использовать фотоэлектрические модули для осуществления уличного освещения.

Перевод мощных потребителей электроэнергии, таких как, например холодильные установки, на более высокий класс энергоэффективности – следующий шаг энергосбережения. Холодильники класса А+++ потребляют на 50 % меньше электроэнергии, чем модели класса А+.

Вышеуказанные мероприятия помогут понизить энергопотребление, сократить нагрузки, а значит, потребуются меньшее количество оборудования.

В связи с географической оторванностью Калининградской области от России необходимо обеспечить энергетическую безопасность в развитии энергетики региона [5]. Поэтому целесообразно ориентироваться на создание собственных энергоустановок, в том числе на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Близость Балтийского моря к лагерю создает благоприятное условие для использования ветроэнергетического потенциала. Строительство солнечных электростанций может быть целесообразным [6]. Энергия морской волны – гигантский ресурс энергии. Благодаря большой протяженности Калининградской области вдоль Балтийского побережья существует потенциал для использования данного ресурса. Колебания уровня Балтийского моря у берегов составляет 50 см, а в вершинах бухт и заливов составляет 2 м [7], что позволяет сказать о целесообразности применения генераторов морской волны. Также существует потенциал использования биотоплива [6].

Поэтому представляется по аналогии со схемой умного города выработку необходимой лагерю электроэнергии построить на ВИЭ: использовании в первое время солнечной и ветровой энергии, а в перспективе энергоснабжение за счет энергии волн и биоэнергии.

В системах автономного энергоснабжения для осуществления бесперебойного электропитания потребителя необходимы аккумуляторные батареи. Предлагается использовать аккумуляторную батарею Haze HZY12-230. Это герметизированная гелевая аккумуляторная батарея типа VRLA. Номинальное напряжение аккумуляторной батареи составляет $U_n = 12\text{В}$, емкость равна $C_n = 230 \text{ А}\cdot\text{ч}$. Отсутствует необходимость технического обслуживания, контроля воды, расслаивание электролита, не требуется уравнивающего заряда. При

использовании в качестве источника электроэнергии солнечную панель и ветроэлектрическую установку время резервирования будет составлять шесть часов. Нам необходимо 60 аккумуляторных батарей данного типа. Каждые пятнадцать рядов соединены параллельно, суммарная емкость будет рассчитываться по формуле (2):

$$C_{AB} = C_n \cdot 15, \quad (2)$$

$$C_{AB} = 230 \cdot 15 = 3450 \text{ (А} \cdot \text{ч)}.$$

В качестве наблюдаемых месячных солнечных излучений и среднемесячной скорости ветра была выбрана база метеорологических данных NASA SSE [8]. Значения количества солнечных пиковых часов T_i в день для заданной территории, коэффициент R пересчета с горизонтальной плоскости на наклонную с южной ориентацией, интенсивность суммарной радиации $E_{\text{сум}}$ каждого месяца занесены в табл. 3. Под пиковыми часами понимаются часы с интенсивностью 1000 Вт/м².

Таблица 3 – Характеристики территории спортивно-оздоровительного лагеря «Отрадное» для расчета фотоэлектрических модулей

Показатели	Номер месяца											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_i , ч	1,3	2,1	3,3	4,1	5,3	5,1	4,9	4,7	3,5	2,2	1,3	1,1
R	1,9	1,6	1,3	1,1	1,1	1,1	1,3	1,1	1,3	1,5	1,7	2,1
$E_{\text{сум}}$, кВт·ч/м ²	20,7	40,8	75,9	108,3	152,4	153,3	147,9	129,9	84,3	45,6	22,5	16,5

Среднее значение пиковых часов T_i исследуемой территории равняется 3,3.

Предлагается использовать фотоэлектрический модуль ФСМ – 270. Номинальная мощность составляет 270 Вт, номинальное напряжение 48 В.

Значение тока, генерируемое модулями, находим по формуле (3):

$$I^{CB} = \frac{C_{AB}}{T_i}, \quad (3)$$

$$I^{CB} = \frac{3450}{3,25} = 1061,5 \text{ А}.$$

Общее количество требуемых солнечных панелей рассчитывается по формуле (4):

$$N^{CB} = \frac{I^{CB} \cdot U_{\text{инв}}}{P_n}. \quad (4)$$

где I^{CB} – значение тока, который должны генерировать солнечные панели;

$U_{\text{инв}}$ – напряжение постоянного тока системы;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность солнечных панелей.

$$N^{CB} = \frac{1061,5 \cdot 48}{270} \approx 189.$$

Комплект из 189 фотоэлектрических модулей в течение месяца сможет сгенерировать количество энергии, рассчитанное по формуле (5):

$$W_{\text{ф.мес}} = \frac{189 \cdot R \cdot E_{\text{сум}} \cdot P \cdot \rho}{1000}, \quad (5)$$

где R – среднемесячный коэффициент пересчета прямого солнечного излучения с горизонтальной на наклонную поверхность;

$E_{\text{сум}}$ – месячная инсоляция;

P – номинальная мощность солнечного модуля;

ρ – коэффициент отражения поверхности Земли и окружающих тел, принимаемый равным 0,7 для зимы и 0,5 для лета.

Расчеты сведены в табл. 4.

Таблица 4 – Объёмы энергии, производимые комплектом солнечных модулей

Месяц	Объем энергии $W_{\phi, \text{мес}}$, кВт·ч	Месяц	Объем энергии $W_{\phi, \text{мес}}$, кВт·ч
Январь	1407,001	Июль	3875,494
Февраль	2328,77	Август	3675,277
Март	2573,446	Сентябрь	2685,209
Апрель	3158,466	Октябрь	2387,646
Май	4121,11	Ноябрь	1396,16
Июнь	3963,73	Декабрь	1226,202

Электроэнергия, вырабатываемая комплектом фотоэлектрических модулей в год, рассчитывается по формуле (6):

$$W_{\phi} = \sum_{1}^{12} W_{\phi}, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} W_{\phi} &= 1407,001 + 2328,77 + 2573,446 + 3158,466 + 4121,11 + 3963,73 + \\ &+ 3875,494 + 3675,277 + 2685,209 + 2387,646 + 1396,16 + 1226,202 = \\ &= 32\,798,51 \text{ (кВт} \cdot \text{ч)}. \end{aligned}$$

Значения среднемесячной скорости ветра на высоте ступицы 35 м занесены в табл. 5.

Таблица 5 – Среднемесячная скорость ветра на высоте 35 м над поверхностью земли

Номер месяца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднемесячная скорость ветра v_h , м/с	6,4	6,1	5,6	4,8	4,4	4,4	4,5	4,4	5,3	5,6	5,96	6,2

Средняя скорость ветра за год на высоте 35 м рассчитывается по формуле (7):

$$\begin{aligned} v_r &= \frac{\sum_{1}^{12} v_h(t)}{12}, \quad (7) \\ v_r &= \frac{6,4 + 6,1 + 5,6 + 4,8 + 4,4 + 4,4 + 4,5 + 4,4 + 5,3 + 5,6 + 5,96 + 6,2}{12} = 5,3 \text{ (м/с)}. \end{aligned}$$

На рис. 4 изображена зависимость коэффициента установленной мощности ВЭУ использования от средней скорости ветра.



Рисунок 4 – Зависимости коэффициента использования установленной мощности ВЭУ от среднегодовой скорости ветра на уровне ступицы ветроколеса

Определим годовую выработку электрической энергии двумя ВЭУ суммарной мощности 60 кВт. При среднегодовой скорости 5,3 м/с в точке расположения ветропарка коэффициент использования установленной мощности ВЭУ согласно рис. 4 составит $K_{исп} = 0,2$. Тогда годовая выработка электроэнергии определится по выражению (8):

$$W_{в,год} = k_{и} \cdot k_{в} \cdot n \cdot P_{ном} \cdot T_{год} \quad , \quad (8)$$

где $K_{в}$ – коэффициент, учитывающий взаимное влияние ВЭУ;

$K_{и}$ – коэффициент использования для средней скорости ветра, равный в данном случае 0,2;

$P_{ном}$ – номинальная мощность ВЭУ;

$T_{год}$ – количество часов исследуемого периода;

n – количество ВЭУ.

$$W_{в,год} = 0,2 \cdot 0,94 \cdot 2 \cdot 30 \cdot 8760 = 98812,8 \text{ (кВт} \cdot \text{ч)}.$$

Годовой график выработки электроэнергии гибридной электростанции, совмещенный с графиком годового энергопотребления спортивно-оздоровительного лагеря КГТУ «Отрадное», изображен на рис. 5.

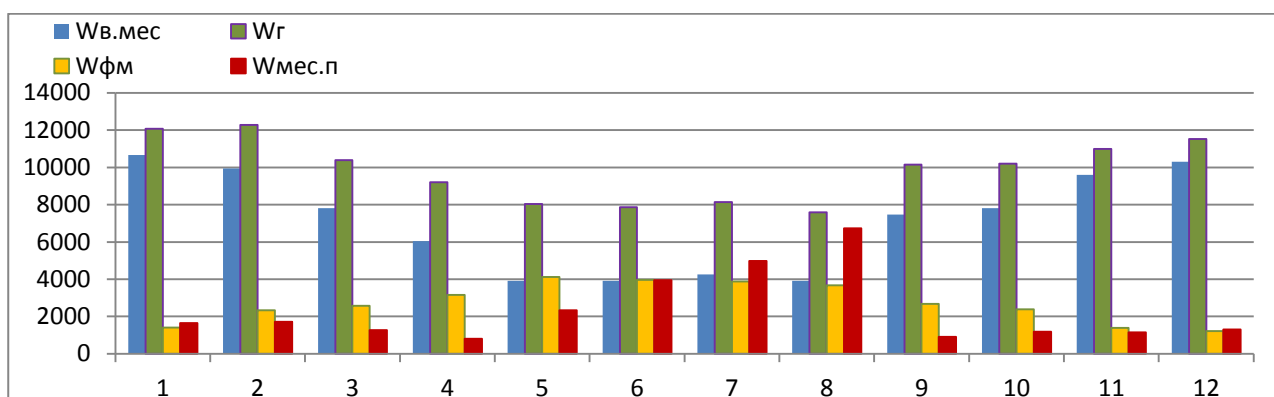


Рисунок 5 – Совмещенный график гибридной электростанции

График наглядно показывает, что гибридная электростанция полностью покрывает потребление электрической энергии. Избыток электроэнергии можно будет продавать в сеть, что намного сократит окупаемость электростанции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белей, В.Ф. Справочник модуля: возобновляемые источники энергии: справочное издание / В.Ф. Белей [и др.]. – Калининград: Изд-во ООО «ТЭСК», 2015. – 259 с.
2. Белей, В.Ф. Компактные люминесцентные лампы: электрические характеристики, проблемы электромагнитной совместимости / В.Ф. Белей // Электротехника. – 2002. – № 7. – С. 48–51.
3. Белей, В.Ф. Результаты экспериментальных исследований светодиодных ламп сетевого напряжения / В.Ф. Белей, М.С. Харитонов // Промышленная энергетика. – 2012. – № 9. – С. 9–14.
4. Белей, В.Ф. Результаты экспериментальных исследований светодиодных ламп сетевого напряжения / В.Ф. Белей, М.С. Харитонов // Промышленная энергетика. – 2012. – № 9. – С. 9–14.
5. Белей, В.Ф. Электроэнергетика Калининградской области и стран Балтии: анализ вариантов развития / В.Ф. Белей // Электрика. – 2009. – № 12. – С. 3–8.

6. Белей, В.Ф. Возобновляемые источники энергии и перспективы их использования в Калининградской области / В.Ф. Белей, В.В. Селин, В.Ф. Паршина // Известия КГТУ. – 2007. – № 11. – С. 11.

7. Единая система информации об обстановке в Мировом океане. Динамическое электронное справочное пособие [Электронный ресурс] // Балтийское море [Официальный сайт]. – URL: http://esimo.oceanography.ru/esp2/index/index/esp_id/1 – (дата обращения: 25.05.2016).

8. База метеорологических данных NASA SSE [Электронный ресурс] // Данные по инсоляции и скорости ветра п. Отрадное [Официальный сайт]. – URL: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?skip@larc.nasa.gov> (дата обращения: 29.05.2015).

DESIGNING THE POWER SUPPLY SYSTEM OF THE UNIVERSITY SUMMER CAMP

N.V. Ryabova, Undergraduate, Kaliningrad State Technical University
nad145@yandex.ru

This is a project of power supply for the university summer camp in Otradnoe. We focused on the wind plant and the solar modules. There is the determination of energy potential of the locality.

renewable energy, power supply, solar radiation, hydride power plant, solar modules, wind turbines, radiation, wind speed, energy saving, energy saving lamp, smart grids.